

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-91760

(43)公開日 平成10年(1998)4月10日

(51)Int.Cl.*

G 0 6 T 1/00
17/00
15/00

識別記号

F I

G 0 6 F 15/62
15/72

3 3 5
3 5 0 A
4 5 0 A

(21)出願番号

特願平8-243844

(71)出願人

沖電気工業株式会社

(22)出願日

平成8年(1996)9月13日

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者

村田 伸一
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

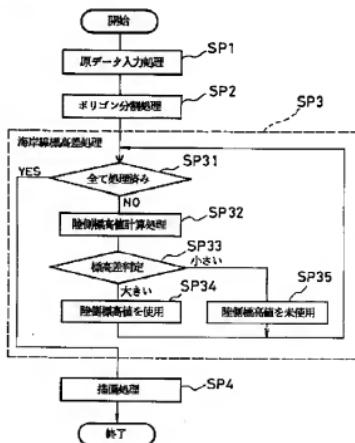
(74)代理人 弁理士 工藤 宣幸

(54)【発明の名称】 3次元地形出力方法、3次元地形出力装置及び記録媒体

(57)【要約】

【課題】 従来は、断崖部分があつても、標高値を1つしか使用しないため、当該断崖部分をなだらかな斜面としか出力できず、自然な景観からかけ離れた3次元地形になっていた。

【解決手段】 海岸線を表す折れ線の各頂点それぞれについて陸側と海側との2つの標高値を決定し、当該2つの標高値を用いて陸側の地形と海側の地形を出力する。これにより、従来に比して海岸線部分の段差、すなわち断崖部分をより自然に近い状態で表現できるようになる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 メッシュを構成するグリッド点の標高値と、海岸線を表す折れ線の地形データとに基づいて3次元地形データを生成し、当該3次元地形データによって得られた3次元地形を表示又は印刷出力する3次元地形出力方法において、

上記海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値と海側の標高値とをそれぞれ決定し、各頂点について得た2つの標高値によって海岸線の陸側の地形と海側の地形とを出力することを特徴とする3次元地形出力方法。

【請求項2】 上記海岸線の陸側の標高値と海側の標高値とが異なる場合に、その間に断崖絶壁を描画することを特徴とする請求項1に記載の3次元地形出力方法。

【請求項3】 陸側の標高値と海側の標高値との差が求め決められた標高差の基準値よりも大きい場合に上記断崖絶壁を描画し、上記差が基準値よりも小さい場合には陸側の標高値を用いず海側の標高値のみを用いて地形を描画することを特徴とする請求項2に記載の3次元地形出力方法。

【請求項4】 上記陸側の標高値としては、海岸線を表す折れ線の各頂点を含むメッシュのグリッド点の標高値から線形補間により算出したものを用い、その頂点の海側の標高値としては、海拔ゼロとすることを特徴とする請求項1に記載の3次元地形出力方法。

【請求項5】 メッシュを構成するグリッド点の標高値と、海岸線を表す折れ線の地形データとに基づいて3次元地形データを生成し、当該3次元地形データによって得られた3次元地形を表示又は印刷出力する3次元地形出力方法において、

上記海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値に海側の標高値を代入して、その陸側の地形の傾斜の勾配を算出する処理と、

上記勾配が求め決めておいた勾配の基準値よりも大きい場合、その頂点について陸側の標高値を周囲の標高値から補間により求めてその海岸線についての陸側の地形出力に使用し、上記勾配が基準値よりも小さい場合、陸側の標高値を用いず海側の標高値のみを用いて地形を描画する処理とを備えたことを特徴とする3次元地形出力方法。

【請求項6】 陸側の標高値を陸側の地形出力に用いる場合、上記海岸線の陸側の地形と海側の地形との間に断崖絶壁を描画することを特徴とする請求項5に記載の3次元地形出力方法。

【請求項7】 メッシュを構成するグリッド点の標高値と、海岸線を表す折れ線の地形データとに基づいて3次元地形データを生成し、当該3次元地形データによって得られた3次元地形を表示又は印刷出力する3次元地形出力方法において、

視点位置からの距離により地形を近距離、中距離、遠距

離に分割する処理と、

上記海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値と海側の標高値とをそれぞれ決定する処理と、

陸側の標高値と海側の標高値との差が求め決められた標高差の基準値よりも大きい場合には陸側の標高値を近距離の地形に対して使用し、小さい場合には陸側の標高値を近距離の地形に対して使用しないことを決定する処理と、

上記海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値に海側の標高値を代入して、その陸側の地形の傾斜の勾配を算出する処理と、

上記勾配が求め決めておいた勾配の基準値よりも大きい場合にはその海岸線の頂点における陸側の標高値を中距離の地形に対して使用し、小さい場合にはその海岸線の頂点における陸側の標高値を中距離の地形に対して使用しないことを決定する処理と、

遠距離の地形に対しては陸側の標高値を使用しないことによる処理とを備えたことを特徴とする3次元地形出力方法。

20 【請求項8】 メッシュを構成するグリッド点の標高値と、海岸線を表す折れ線の地形データとに基づいて3次元地形データを生成し、当該3次元地形データによって得られた3次元地形を表示又は印刷出力する3次元地形出力装置において、

上記海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値と海側の標高値とをそれぞれ決定する手段と、

各頂点について得た2つの標高値によって海岸線の陸側の地形と海側の地形とを出力する手段とを備えたことを特徴とする3次元地形出力装置。

30 【請求項9】 メッシュを構成するグリッド点の標高値と、海岸線を表す折れ線の地形データとに基づいて3次元地形データを生成し、当該3次元地形データによって得られた3次元地形を表示又は印刷出力する3次元地形出力装置において、

上記海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値が板に海側の標高値と一致するものとして、その陸側の地形の傾斜の勾配を算出する手段と、

上記勾配が求め決めておいた勾配の基準値よりも大きい場合、その頂点について陸側の標高値を周囲の標高値から補間により求めてその海岸線についての陸側の地形出力に使用し、上記勾配が基準値よりも小さい場合、陸側の標高値を用いず海側の標高値のみを用いて地形を描画する手段とを備えたことを特徴とする3次元地形出力装置。

【請求項10】 上記海岸線の陸側の地形と海側の地形との間に断崖絶壁を描画することを特徴とする請求項8又は請求項9に記載の3次元地形出力装置。

【請求項11】 メッシュを構成するグリッド点の標高値と、海岸線を表す折れ線の地形データとに基づいて3次元地形データを生成し、当該3次元地形データによつ

て得られた3次元地形を表示又は印刷出力する3次元地形出力装置において、

視点位置からの距離により地形を近距離、中距離、遠距離に分割する手段と、

上記海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値と海側の標高値とをそれぞれ決定する手段と、

陸側の標高値と海側の標高値との差が予め決められた標高差の基準値よりも大きい場合には陸側の標高値を近距離の地形に対して使用し、小さい場合には陸側の標高値を近距離の地形に対して使用しないことを決定する手段と、

上記海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値を仮に海側の標高値と一致させ、その場合における陸側の地形の傾斜の勾配を算出する手段と、

上記勾配が予め決めておいた勾配の基準値よりも大きい場合にはその海岸線の頂点における陸側の標高値を中距離の地形に対して使用し、小さい場合にはその海岸線の頂点における陸側の標高値を中距離の地形に対して使用しないことを決定する手段と、

遠距離の地形に対しては陸側の標高値を使用しないことによる手段とを備えたことを特徴とする3次元地形出力装置。

【請求項12】 メッシュを構成するグリッド点の標高値と、海岸線を表す折れ線の地形データとに基づいて3次元地形データを生成する処理と、当該3次元地形データによって得られた3次元地形を表示又は印刷出力させる処理とを含むコンピュータプログラムを記憶した記録媒体において、

上記コンピュータプログラムには、海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値と海側の標高値とをそれぞれ決定し、各頂点について得た2つの標高値によって海岸線の陸側の地形と海側の地形とを出力する処理が含まれることを特徴とする記録媒体。

【請求項13】 メッシュを構成するグリッド点の標高値と、海岸線を表す折れ線の地形データとに基づいて3次元地形データを生成する処理と、当該3次元地形データによって得られた3次元地形を表示又は印刷出力させる処理とを含むコンピュータプログラムを記憶した記録媒体において、

上記コンピュータプログラムには、海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値が仮に海側の標高値と一致するものとして、その陸側の地形の傾斜の勾配を算出する処理と、

上記勾配が予め決めておいた勾配の基準値よりも大きい場合、その頂点について陸側の標高値を周囲の標高値から補間により求めたその海岸線についての陸側の地形出力に使用し、上記勾配が其基準値よりも小さい場合、陸側の標高値を用いず海側の標高値のみを用いて地形を描画する処理とが含まれることを特徴とする記録媒体。

【請求項14】 メッシュを構成するグリッド点の標高

30 値と、海岸線を表す折れ線の地形データとに基づいて3次元地形データを生成する処理と、当該3次元地形データによって得られた3次元地形を表示又は印刷出力させる処理とを含むコンピュータプログラムを記憶した記録媒体において、

視点位置からの距離により地形を近距離、中距離、遠距離に分割する処理と、

上記海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値と海側の標高値とをそれぞれ決定する処理と、

10 陸側の標高値と海側の標高値との差が予め決められた標高差の基準値よりも大きい場合には陸側の標高値を近距離の地形に対して使用し、小さい場合には陸側の標高値を近距離の地形に対して使用しないことを決定する処理と、

上記海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値を仮に海側の標高値と一致させ、その場合における陸側の地形の傾斜の勾配を算出する処理と、

上記勾配が予め決めておいた勾配の基準値よりも大きい場合にはその海岸線の頂点における陸側の標高値を中距離の地形に対して使用し、小さい場合にはその海岸線の頂点における陸側の標高値を中距離の地形に対して使用しないことを決定する処理と、

遠距離の地形に対しては陸側の標高値を使用しないことによる処理とを含むことを特徴とする記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、3次元地形出力方法、3次元地形出力装置及び記録媒体に関する。例えば、コンピュータグラフィックスなどを用いて3次元地形図を生成する場合に適用し得るものである。

【0002】

【從来の技術】 近年、コンピュータグラフィックスの応用により3次元地形図を生成する技術の研究が盛んに行われている。また、コンピュータグラフィックスは、フライトシミュレーション装置のように、ユーザからの操作指令により変更された変更後の視点位置や視線方向に応じた3次元地形を実時間で更新する処理を3次元地形の表示と並行して行い、表示し直すにも用いられている。なお、かかる技術が掲載された文献として、「文献名:DIGITAL TERRAIN MODELLING、著者名:R.WEIBEL and M. HELLER、出版社:Longman Scientific and Technical」を挙げることができる。

【0003】 従来、このような3次元地形図を表示させるためには、1つの原データとして、グリッドベースの地形データ(標高データ)が使用されている。

【0004】 この地形データは、図2(A)に示すように、東西、南北を各辺とする長方形または正方形の表示可能領域を、東西および南北方向について一定ピッチで等分することによりできる長方形または正方形形状の複数の領域(以下ではメッシュ2と呼ぶ)の各格子点1

(以下ではグリッド点1と呼ぶ)上の標高(海拔)を、図2(B)に示すように数値で表したデータ3のことである。

【0005】従来、この地形データを基に3次元地形を表示する場合には、長方形または正方形の領域のメッシュを、図3に示すように、2つの二角形(このようなコンピュータグラフィックスの描画単位の平面をポリゴン4と呼ぶ)に分けて表示することが行われている。これらのポリゴンは、それぞれの頂点間の標高差に応じた3次元の傾きを有する平面を表しているため、これらのポリゴンを個々全て表示することにより、土地の傾きや山の尾根などの地形を再現している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、原データとして上記グリッドの標高値のみを使用して3次元地形を再現した場合、地形的な特徴をもった地盤が上記グリッド点に一致しない場合には、その地形的な特徴を3次元地形図として現実通りに生じし再現することができない場合があった。このような地形的な特徴を有するものとして、例えば、海岸線が挙げられる。

【0007】そこで、従来は、原データとして上記グリッド点に加えて、海岸線を折れ線で表現したデータを使うことが考えられ、その海岸線の折れ線の標高値を一意的に海拔ゼロとして扱っていた。しかし、海岸線には平野部から海に繋がる場合や、丘陵や山から直接海に繋がる場合があり、特に後者の場合には断崖絶壁となるので、従来の方法では現実から掛け離れてた海岸線の景観となっていた。

【0008】

【課題を解決するための手段】

(A)かかる課題を解決するため、第1の発明においては、メッシュを構成するグリッド点の標高値と、海岸線を表す折れ線の地形データと共に基づいて3次元地形データを生成し、当該3次元地形データによって得られた3次元地形を表示又は印刷出力する3次元地形出力装置において、次のようにしたことを特徴とする。

【0009】すなわち、海岸線を表す折れ線の各頂点について、(1)陸側の標高値と海側の標高値とをそれぞれ決定する手段と、(2)各頂点について得た2つの標高値によって海岸線の陸側の地形と海側の地形とを出力する手段とを備えることを特徴とする。

【0010】以上のように、第1の発明によれば、海岸線を表す折れ線の各頂点それぞれについて陸側と海側との2つの標高値を決定し、当該2つの標高値を用いて陸側の地形と海側の地形を出力するので、従来のように1つの標高値を用いる場合では表現できなかった海岸線の断崖部分を表現できるようになる。

【0011】(B)また、かかる課題を解決するため、第2の発明においては、メッシュを構成するグリッド点の標高値と、海岸線を表す折れ線の地形データに基づく

いて3次元地形データを生成し、当該3次元地形データによって得られた3次元地形を表示又は印刷出力する3次元地形出力装置において、次のようにしたことを特徴とする。

【0012】すなわち、(1)海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値に海側の標高値を代入して、その陸側の地形の傾斜の勾配を算出する手段と、(2)勾配が予め決めておいた勾配の基準値よりも大きい場合、その頂点について陸側の標高値を周囲の標高値から補間ににより求めてその海岸線についての陸側の地形出力に使用し、勾配が基準値よりも小さい場合、陸側の標高値を用いず海側の標高値のみを用いて地形を描画する手段とを備えたことを特徴とする。

【0013】以上のように、第2の発明によれば、海岸線を表す折れ線の各頂点について陸側の標高値を求める場合、その傾斜勾配が予め決めた勾配よりも急である場合には、その頂点の海側と陸側の標高値を別々に決定し、勾配値よりも小さい場合には、海側の標高値だけを用いるようにするので、全ての頂点について陸側の標高値を求める場合に比して処理の高速化が図れる。また、勾配の急な部分には、第1の発明と同様、2つの標高値を用いるので、その分現実に近い表現が可能になる。

【0014】(C)さらに、かかる課題を解決するため、第3の発明においては、メッシュを構成するグリッド点の標高値と、海岸線を表す折れ線の地形データとに基づいて3次元地形データを生成し、当該3次元地形データによって得られた3次元地形を表示又は印刷出力する3次元地形出力装置において、次のようにしたことを特徴とする。

【0015】すなわち、(1)視点位置からの距離により地形を近距離、中距離、遠距離に分割する手段と、(2)海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値と海側の標高値とをそれぞれ決定する手段と、(3)陸側の標高値と海側の標高値との差が予め決められた標高差の基準値よりも大きい場合には陸側の標高値を近距離の地形に対して使用し、小さい場合には陸側の標高値を近距離の地形に対して使用しないことを決定する手段と、(4)海岸線を表す折れ線の各頂点について、陸側の標高値に海側の標高値を代入して、その陸側の地形の傾斜の勾配を算出する手段と、(5)勾配が予め決めておいた勾配の基準値よりも大きい場合にはその海岸線の頂点における陸側の標高値を中距離の地形に対して使用しないことを決定する手段と、(6)遠距離の地形に対しては陸側の標高値を使用しないことにする手段とを備えるようにする。

【0016】以上のように、第3の発明によれば、近景は大きく表現され細かい地形の変化も認識できる点を考慮し、中景は近景よりは地形の変化の認識が低下する点を考慮し、遠景は小さく表現され細かい地形の変化が認

識できない点を考慮して描画できるので、視覚特性に違和感のない地形を知時間で出力することができる。

【0017】

【発明の実施形態】

(A) 第1の実施形態

以下、本発明に係る3次元地形出力装置の第1の実施形態を、図面を参照しながら説明する。

【0018】この第1の実施形態に係る3次元地形出力装置の特徴は、グリッドベースの地形データ（標高データ）と海岸線を表す折れ線データとを用いて3次元地形を表示し出力する際、海岸線を表す折れ線の各頂点について2つの標高値（海側標高値と山側標高値）を用意し、その標高差に応じて海岸線部分を描画するポリゴンを切り替えるようにした点である。

【0019】すなわち、この3次元地形出力装置は、各頂点について求めた陸側標高値と海拔ゼロの海側標高値との差分を予め決めておいた標高差と比較し、差分が基準よりも大きい場合には、その頂点について、陸側標高値と海側標高値の2つの標高値を使って陸と海のポリゴンを描画すると共にその間のギャップを断崖絶壁を表すポリゴンで描画し、差分が基準よりも小さい場合には、その頂点について、海側の標高値のみを使って陸と海のポリゴンを描画するようにした点を特徴とする。以下、この点について、図面を参照しながら詳述する。

【0020】(A-1) 第1の実施形態に係る3次元地形出力装置の構成

この第1の実施形態に係る3次元地形出力装置は、実際に、キーボードやマウス等の入力装置、ディスプレイやプリンタ等の出力装置、ハードディスク等の補助記憶装置等を周辺装置として備えるコンピュータグラフィック用のワークステーションやパーソナルコンピュータである。

【0021】図4は、かかる情報処理装置としてのワークステーションのハードウェア構成をブロック図として表したものであり、図に示すように、中央処理ユニット（CPU）4及びメモリ5からなるワークステーション本体6と、入力装置としてのマウス1及びキーボード2と、出力装置としてのCRTディスプレイ3と、後述する所定データを記憶している外部記憶装置7とから構成されている。

【0022】このうち、CPU4は、上述したような海岸線部分についての特殊な処理を実際に実行する部分であり、このソフトウェア処理は図1のようになる。

【0023】まず、CPU4は、ステップSP1において、予め用意されているグリッド点とその標高（海拔）及び、海岸線を表す地平面上の折れ線の頂点列とからなる原データを入力する。これを、原データ入力処理といいう。

【0024】次に、CPU4は、ステップSP2の処理に移り、原データから地平面をポリゴンに分割する。こ

れを、ポリゴン分割処理という。

【0025】このようにポリゴンへの分割が終了すると、CPU4は、ステップSP3において、海岸線の各頂点に対してその標高を決定する処理を実行する。これを、海岸線標高差処理という。

【0026】そして、その処理結果を基に、CPU4は、ステップSP4において、陸と海のポリゴン及び断崖絶壁のポリゴンを描画し、処理を終了する。これを、描画処理という。

【0027】以上が、CPU4による海岸線再現処理の処理手順である。この処理を実行すると、前述したように現実に近い形の3次元地形が得られる。なお、図1中で破線で示した海岸線標高差処理、すなわちステップSP3の内部処理の詳細については後述する。

【0028】さて、各処理を詳述する前に、この実施形態において予め用意されている固定データについて説明する。固定データ（例えば、外部記憶装置7に格納されている）としては、3次元地形表示しようとする対象領域のグリッド点とその標高値（海拔）および海岸線を表す地表面上の折れ線の頂点列があり、更に、陸や海及び断崖絶壁をカラー表示するために用いられる色情報や光の反射係数、テクスチャマッピング用に用いられるテクスチャパターンなどがある。

【0029】(A-2) 第1の実施形態の動作
以上の構成において、第1の実施形態に係る3次元地形出力装置による具体的な3次元地形作成動作を、図1で説明した各処理ごとに説明する。

【0030】(A-2-1) 原データ入力処理
まず、ステップSP1の原データ入力処理において、CPU4は、外部記憶装置7に格納されているグリッド点とその標高値および海岸線の折れ線の頂点列及び色情報や光の反射係数、テクスチャパターン等のデータを読み出し、これをメモリ5に書き込む。

【0031】(A-2-2) ポリゴン分割処理
このデータの書き込みが終わると、ステップSP2のポリゴン分割処理に進む。ここで、CPU4は、図5(A)に示すように、メモリ5に書き込んだグリッド点1と2と海岸線の折れ線11とから、グリッド点を頂点とするメッシュと海岸線の折れ線との交点14を求める。

【0032】以下では、海岸線の折れ線の頂点13と、メッシュと海岸線の折れ線との交点14とを合わせて海岸線頂点と呼ぶ。

【0033】次に、海岸線頂点を含む1つのメッシュのそれぞれについて、図5(B)に示したように、メッシュ内の海岸線によって複数の領域に分けられた名多角形を、図中の破線で示したようにグリッドを頂点とした三角形に分割する。この分割により得られたそれぞれの三角形を、このステップSP2で求めるポリゴンとする。また、海岸線頂点を含まないメッシュにおいては、従来と同様の方法によりどちらかの対角線を使って2つの三

角形に分割し、それらを求めるポリゴンとする。

【0033】なお、以下では海岸線頂点を含むメッシュを海岸線メッシュと呼び、海岸線頂点を頂点とするポリゴンを海岸線ポリゴンと呼ぶ。

【0034】(A-2-3) 海岸線標高差処理

このように、ポリゴンへの分割が終了すると、次はステップSP3に係る海岸線標高差処理に移る。因みに、このステップSP3は、図1で破線で囲んだ部分の処理が全ての海岸線頂点に対して処理済みであるか否かを判定するステップSP3.1、海岸線頂点の陸側の標高値を計算する陸側標高値計算処理としてのステップSP3.2、陸側の標高値と海側の標高値(海拔ゼロ)との差について予め決めてある標高差との大小関係を判定するステップSP3.3、海岸線頂点において陸側標高値を使用することを指定するステップSP3.4、海岸線頂点において陸側標高値を使用しないことを指定するステップSP3.5からなる。

【0035】以下、処理手順に沿って図を使って説明する。

【0036】まず、以下の処理では全ての海岸線頂点に対してそれぞれ処理するため、ステップSP3.1において、全ての海岸線頂点に対して処理が済んだか否かを判断する。ここで、処理が済んでいることが確認されると、肯定結果を得てステップSP4に移り前述のように描画処理に移行する。これに対して、処理が済んでいない場合は、否定結果を得てステップSP3.2に進み、処理が済んでいない海岸線頂点について陸側標高値計算処理を実行する。

【0037】ステップSP3.2の陸側標高値計算処理では、その都度対象とされている海岸線頂点について陸側の標高値が求められる。海側の標高値は海拔ゼロとするのが妥当なので計算する必要はない。陸側の標高値の計算方法は、その海岸線頂点を含む海岸線メッシュ(四角形)の4つの頂点(つまり、グリッド点)の標高値から幾何学的な線形補間で求める。

【0038】しかし、メッシュの4つのグリッド点は、それぞれの標高値により3次元的に見た時に、メッシュは1つの平面になるとは限らない。例えば、図6(A)及び(B)に示すように、メッシュを対角線で2つの三角形に分割するにしても、その際の対角線の向きにより異なる標高値が得られてしまう。すなわち、図6(A)及び(B)の場合、黒丸で示した海岸線頂点から幾何学的な線形補間によって標高値を求めて白丸で示すように2通りの値が得られることになる。

【0039】なほ、この第1の実施態形においては、これら2通りの値のうち数値的に小さい方を陸側の標高値に決定する。なぜならば、海岸線頂点の降伏の標高を決定しようとしているので、海拔ゼロに近い値が妥当と考えられるからである。

【0040】このように、陸側標高値の計算処理が終了

すると、CPU4は、次のステップSP3.3の標高差処理に進み、前述の陸側標高値計算処理で決定した海岸線頂点の陸側の標高値と、海拔ゼロの海側の標高値との差を、予め決めてある標高差の基準値と比較する。この比較結果により、陸側標高値と海側標高値との差が標高差の基準値より大きい場合にはステップSP3.4に進み、小さい場合にはステップSP3.5に進む。

【0041】さて、ステップSP3.4に進んだ場合、CPU4は、その都度処理対象としている海岸線頂点に対し、海側標高値と陸側標高値と共に使用することを記録して、ステップSP3.1に戻る。

【0042】一方、ステップSP3.5に進んだ場合、CPU4は、その都度処理対象としている海岸線頂点に対し、海側標高値のみを使用し陸側標高値を使用しないことを記録し、ステップSP3.1に戻る。

【0043】以上がステップSP3に示す海岸線標高差処理の内容であるが、その処理の目的について、垂直面を2次元で示した図7を使用することにより説明する。海岸線頂点における陸側標高値と海側標高値との差は、海岸線での断崖絶壁の高さと見ることができる。

【0044】例えば、図7(A)の場合、陸側標高値と海側標高値との差が標高差の基準値よりも大きいので高い断崖絶壁であること分かる。一方、図7(B)の場合、陸側標高値と海側標高値との差が標高差の基準値よりも小さいので低い断崖絶壁であることが分かる。低い断崖絶壁は3次元地形図として省略しても景観に与える影響は少ない。

【0045】従って、図7(B)では陸側の標高値を使わずにだらかな海岸線を表示すれば良い。また、図7(A)では断崖絶壁を3次元地形図として表現するため、海岸線の陸側のポリゴンでは陸側標高値を使い、海岸線の海側のポリゴンでは海側標高値を使う。そして、この陸側と海側の標高値の差による断崖絶壁を表現するため、その差によって発生するギャップを塞ぐように新たなポリゴンを次の描画処理で描画する。

【0046】(A-2-4) 描画処理
さて、ステップSP4で与えられる描画処理に移ると、CPU4は、まず、前記ポリゴン分割処理(ステップSP2)で得られた各ポリゴンについて描画を行う。ポリゴンの描画では、ポリゴンの3つの頂点の3次元座標と色情報や光の反射係数、及び、テクスチャマッピングのパターンを使って陰面処理やシェーディング処理等が行われる。これらの陰面処理やシェーディング処理等は、従来からの方法をそのまま適用するので説明は省略する。

【0047】ただし、海岸線頂点を頂点とする陸を表すポリゴンの場合、その頂点として陸側標高値を使うことが前記海岸線標高差処理(ステップSP3)で記録されているときは、先に陸側標高値として求めた3次元座標を使い、陸側標高値を使わないことが前記海岸線標高差

処理（ステップSP3）で記録されているときは、海側標高値と同じ標高値を用いた3次元座標を使う。

【0048】また、海岸線頂点を頂点とする海を表すポリゴンの場合には、海側標高値を用いた3次元座標を使用する。

【0049】なむ、上記描画では、ポリゴンは海を表す場合と陸を表す場合において使用する色情報や光の反射係数、及び、テクスチャマッピングのパターンをそれぞれに適したものを使用する。

【0050】次に、海岸線に関して、海岸線頂点を折れ線に沿って以下の処理をする。つまり、各海岸線頂点に對し、前記海岸線標高差處理（ステップSP3）で陸側標高値を使用すると記録されていた場合には、断崖絶壁を表現するための新たなポリゴンを描画する処理を実行する。

【0051】ここで、新たなるポリゴンの例として、図8(A)及び(B)に示した。図8(A)と図8(B)の違いは、現在対象としている海岸線頂点に隣接する次の海岸線頂点が、海岸線標高差處理（ステップSP3）において陸側標高値を使用すると記録されていたか、それとも使用しないと記録されていたかの違いである。

【0052】どちらにしても陸を表すポリゴンと海を表すポリゴンとの間にできるギャップを窓ぐるに断崖絶壁を表すポリゴンを描画する。なお、この断崖絶壁を表すポリゴンの描画では、使用する色情報や光の反射係数、及び、テクスチャマッピングのパターンを断崖絶壁用のものを使用する。

【0053】(A-3) 第1の実施形態の効果

以上のように、第1の実施形態によれば、海岸線を表す折れ線の各頂点について2つの標高値を求め、その差分の基準値に対する大小によっていずれの標高値を用いるかを切り替えるようにしたことにより、3次元地形図における海岸線を現実に近い自然な状態で表現することができる。特に、丘陵や山からすぐに海になる海岸線に見られる断崖絶壁を表現することが可能になる。また、平野から海に繋がる海岸線の場合には、従来同様、断崖絶壁が現れないみなめらかな海岸線の3次元地形図を得ることができる。

【0054】すなむち、より現実に近い自然な3次元地形図を出力できる3次元地形出力装置及び3次元地形出力方法を得ることができる。

【0055】(B) 第2の実施形態

以下、本発明に係る3次元地形出力装置の第2の実施形態を、図面を参照しながら説明する。

【0056】この第2の実施形態に係る3次元地形出力装置と第1の実施形態との違いは、グリッドベースの地形データ（標高データ）と海岸線を表す折れ線データとを用いて3次元地形を表示し出力させる際、まず、海岸線の折れ線の各頂点の標高値を海拔ゼロと仮にした場合の陸地の傾斜勾配を計算し、その計算結果と予め決めて

おいた勾配値との違いにより、第1の実施形態の場合と同様に、2つの標高値を使用してポリゴンを描画するのか、それとも1つの標高値だけを使用してポリゴンを描画するのかを決定する点である。

【0057】すなむち、計算して得た勾配値が予め決めておいた勾配値よりも傾斜が急である場合には、その海岸線頂点について陸側の標高値を求めると共に、その海側の標高値を海拔ゼロとし、その頂点ではこの陸側標高値と海側標高値の2つの標高値を使って陸と海のポリゴンを描画する。このとき、海側と陸側とのギャップは断崖絶壁を表すポリゴンで描画する。

【0058】一方、計算して得た勾配値が予め決めておいた勾配値よりも傾斜が緩やかである場合には、その海岸線頂点については海側の標高値のみを使って陸と海のポリゴンを描画する。以下、この点について、図面を参照しながら詳述する。

【0059】(B-1) 第2の実施形態の構成
ここで、3次元地形出力装置としてのワークステーションのハードウェア構成については、図4に示した第1の実施形態の場合と同様であるので、ここではその処理手順についてのみ説明する。因みに、固定データについても第1の実施形態の場合と同じである。

【0060】図9が、第2の実施形態に係る処理手順を示した図面である。

【0061】この実施形態の場合も、CPU4は、ステップSP11において、予め用意されているグリッド点とその標高（海拔）、及び、海岸線を表す地平面上の折れ線の頂点列とからなる原データを入力する原データ入力処理を実行する。

【0062】そして、次に、ステップSP12において、原データから地平面をポリゴンに分割するポリゴン分割処理を実行する。

【0063】ポリゴンへの分割が終了すると、次は、ステップSP13において、海岸線の各頂点に対してその標高を決定するための海岸線勾配処理が実行される。そして最後に、ステップSP14において、陸と海のポリゴン及び断崖絶壁のポリゴンを描画する描画処理が行われる。

【0064】このように、一連の処理手順の多くは、第1の実施形態の場合と同様である。異なるのは、ステップSP14で示された海岸線勾配処理202の処理内容である。

【0065】(B-2) 第2の実施形態の動作
以上の構成において、第2の実施形態に係る3次元地形出力装置による具体的な3次元地形作成動作を、図9で説明した各処理ごとに説明する。

【0066】(B-2-1) 原データ入力処理
ステップSP11における原データ入力処理の処理内容は、第1の実施形態のステップSP1に示す原データ入力処理と同じである。すなむち、CPU4により、外部

記憶装置7に格納されているグリッド点とその標高値および海岸線の折れ線の頂点列及び色情報や光の反射係数、テクスチャパターン等のデータが読み出され、メモリ5に書き込まれる。

【0067】(B-2-2) ポリゴン分割処理
ステップSP12に示すポリゴン分割処理の場合も、その処理内容は第1の実施形態のステップSP2に示すポリゴン分割処理と同じである。すなわち、メモリ5に書き込んだグリッド点12と海岸線の折れ線11とから、グリッド点を頂点とするメッシュと海岸線の折れ線との交点14が求められ、これら海岸線頂点を含むメッシュについては、メッシュ内の海岸線によって複数の領域に分けられた各多角形の三角形ポリゴンへの分解がなされる。また、海岸線頂点を含まないメッシュについても同様である。

【0068】(B-2-3) 海岸線勾配処理

次に、本実施形態に特有な処理内容であるステップSP13の海岸線勾配処理について説明する。この海岸線勾配処理は、図9において破線で囲んだ部分の処理が順に行われる。すなわち、海岸線勾配処理は、海岸線ポリゴンで陸を表現するポリゴン（以下では、海岸線陸ポリゴンと呼ぶ）に対し、ポリゴンの3次元勾配を算出する勾配計算処理としてのステップSP131と、全ての海岸線陸ポリゴンに対して処理済みであるか否かを判定するステップSP132と、海岸線陸ポリゴンの勾配と予め決めてある勾配値との大小関係を判定するステップSP133と、海岸線頂点の陸側の標高値を計算し使用することを指定する陸側標高値計算処理としてのステップSP134と、海岸線頂点において陸側標高値を使用しないことを指定するステップSP135とからなる。

【0069】以下、処理手順に沿って図を使って説明する。

【0070】まず、CPU4は、ステップSP131の勾配計算処理において、全ての海岸線陸ポリゴンに対して3次元勾配を計算する。このとき、海岸線陸ポリゴンの頂点の内で海岸線頂点であるものについては、その標高値は海の標高値、つまり海抜ゼロを使用する。

【0071】計算方法は、図10に示すように、3次元幾何計算により海岸線陸ポリゴンの法線ベクトルと地平面の垂直ベクトルとのなす角度を求ることによって得られる。

【0072】次のステップSP132では、全ての海岸線陸ポリゴンに対して以降の処理が済んだかが判定され、処理が済んでいればステップSP14に進む。一方、処理が済んでいなければ、処理が済んでいない海岸線陸ポリゴンについてステップSP133の判定処理を行なう。

【0073】ステップSP133では、今対象としている海岸線陸ポリゴンの勾配と、予め決めてある勾配の基準値との比較が行われる。比較した結果、海岸線陸ポリ

ゴンの勾配が大きい場合にはステップSP134に進み、小さい場合にはステップSP135に進む。

【0074】ここで、ステップSP134に示す陸側標高値計算処理では、今対象としている海岸線陸ポリゴンの頂点のうち海岸線頂点にあるものについて陸側の標高値が計算され、その海岸線頂点に対して陸側標高値とその陸側標高値を使用することが記録される。ここで、陸側標高値の計算方法は、第1の実施形態で説明したステップSP32の処理内容と同じである。

【0075】一方、ステップSP135に進んだ場合には、今対象としている海岸線陸ポリゴンの頂点のうち海岸線頂点であるものについて、陸側標高値を使用しないことのみを記録する。

【0076】以上説明した海岸線勾配処理の処理の目的を、垂直面を2次元で示した図11を用いて説明する。図11(A)は、海岸線陸ポリゴンの勾配が、勾配の基準値よりも大きい場合であり、このような地形の海岸線は断崖絶壁をなすと考えられるので、海岸線頂点の陸側標高値を求めて、海岸線の陸側のポリゴンでは陸側標高値を使い、海岸線の海側のポリゴンでは海側標高値を使い、陸側標高値と海側標高値の間を塞ぐ断崖絶壁のポリゴンを用いる。

【0077】また、図11(B)は、海岸線陸ポリゴンの勾配が、勾配の基準値よりも小さい場合であり、このような地形の海岸線は緩やかな海に異がると考えられるので、海岸線頂点の陸側標高値は使わずに海岸線を表示すれば良い。

【0078】(B-2-4) 描画処理
以上の処理が終了し、ステップSP14の描画処理に移ると、CPU4は、第1の実施形態の場合と同様、まず、ポリゴン分割処理で得られた各ポリゴンについて描画を行う。このとき、勾配の緩急により、陸側標高値を使うことが記録されているポリゴンについては先に求めとおいた陸側標高値を使い、陸側標高値を使わないことが記録されているポリゴンについては海側標高値を用いる。

【0079】次に、海岸線に関し、各海岸線頂点のうち陸側標高値を使用すると記録されていた場合には、断崖絶壁を表現するための新たなポリゴンを描画する。

【0080】(B-3) 第2の実施形態の効果
以上のように、第2の実施形態によれば、第1の実施形態の場合と同様に、3次元地形図において海岸線を現実に近い自然な状態で表現できる。特に、丘陵や山からすぐに海になるような海岸線の断崖絶壁を表現することができる。

【0081】なお、海岸線陸ポリゴンに占める陸地部分が多く、その海岸線頂点が内陸側のグリッド点から離れている場合には、陸地と海との勾配が小さくなるので、海岸線頂点についての陸地標高値を第1の実施形態の基準値と比べれば大きい場合でも、海岸線陸ポリゴンの勾

配が小さいとされるおそれがある。従って、第2の実施形態では第1の実施形態よりも断崖絶壁として表現される箇所が少なくなり、第1の実施形態よりは簡略化された海岸線を表現することになるが、その代わり、断崖絶壁の箇所が減る分だけ描画処理を短時間で行えるという効果を有する。

【0082】この結果、より現実に近い自然な3次元地形図を比較的短時間で出力できる3次元地形出力装置及び3次元地形出力方法を得ることができる。

【0083】(C) 第3の実施形態

以下、本明細に係る3次元地形出力装置の第3の実施形態を、図面を参照しながら説明する。

【0084】この第3の実施形態に係る3次元地形出力装置の特徴は、グリッドベースの地形データ（標高データ）と海岸線を表す折れ線データを用い、操作者の指定した乱点位置や視線方向によって3次元地形を表示出力する場合において、近い距離の海岸線については第1の実施形態で用いた海岸線標高差処理を行い、中間の距離の海岸線には第2の実施形態で用いた海岸線勾配処理を行い、遠い距離の海岸線には從来から用いられている方法を用いて海岸線の地形を描画するようにする点である。以下、この点について、図面を参照しながら詳述する。

【0085】(C-1) 第3の実施形態の構成

この第3の実施形態に係る3次元地形出力装置のハードウェア構成についても、図4に示した第1及び第2の実施形態に係るワークステーションの構成と同様であるので、ここではその処理手順についてのみ説明する。因みに、固定データについても第1及び第2の実施形態の場合と同じである。

【0086】図12に、第3の実施形態に係る処理手順を示す。

【0087】この実施形態の場合も、CPU4が、一連の処理を実行する。まず、ステップSP21において、予め用意されているグリッド点と、その標高（海拔）、及び、海岸線を表す地表面上の折れ線の頂点列からなる原データを入力する。すなわち、原データ入力処理を実行する。

【0088】次に、ステップSP22のポリゴン分割処理により、原データから地平面をポリゴンに分割する。

【0089】ここまででは、第1及び第2の実施形態にも共通の処理であるが、次のステップSP23に移ると、海岸線の各頂点に対して視点からの距離が中距離の場合の標高を決定するための海岸線標高差処理を実行する。この処理は、第1の実施形態の処理に対応する処理である。

【0090】続いて、次のステップSP24では、海岸線の各頂点に対して視点からの距離が中距離の場合の標高を決定するための海岸線勾配処理を実行する。この処理は、第2の実施形態の処理に対応する処理である。

【0091】各ポリゴンについて、上述の処理が終了すると、ステップSP25において、操作者が指定する視点位置や視線方向を入力するための視点視線入力処理を実行する。

【0092】そして、次のステップSP26において、各ポリゴンを視点からの距離に応じて近距離、中距離、遠距離に分類する視点距離判別処理を実行する。

【0093】かかる後、近距離と判別されたポリゴンについては、ステップSP27で、近距離のポリゴンを描画する近距離描画処理を実行し、ステップSP28及びステップSP29の処理をスルーする。

【0094】これに対し、中距離と判別されたポリゴンについては、ステップSP27をスルーして次のステップSP28に進み、中距離のポリゴンを描画する中距離描画処理を実行する。

【0095】また、遠距離と判別されたポリゴンについては、ステップSP27及びステップSP28をスルーしてステップSP29に進み、遠距離のポリゴンを描画する遠距離描画処理を実行する。かかる処理からなる一連の処理を実行することにより、視点からの距離に応じてポリゴン数を減らしながらも海岸線を現実に近く再現する3次元地形を表示する。

【0096】(C-2) 第3の実施形態の動作
以上の構成において、第3の実施形態に係る3次元地形出力装置による具体的な3次元地形作成動作を、図12で説明した各処理ごとに説明する。

【0097】(C-2-1) 原データ入力処理
ステップSP21に示す原データ入力処理は、第1及び第2の実施形態の原データ入力処理で実行されたのと同じ内容である。すなわち、CPU4により、外部記憶装置7に格納されているグリッド点と、その標高値および海岸線の折れ線の頂点列及び色情報や光の反射係数、テクスチャパターン等のデータが読み出され、メモリ5に書き込まれる。

【0098】(C-2-2) ポリゴン分割処理
ステップSP22に示すポリゴン分割処理も、その処理内容は、第1及び第2の実施形態のポリゴン分割処理と同じである。すなわち、メモリ5に書き込んだグリッド点12と海岸線の折れ線11とから、グリッド点を頂点とするメッシュと海岸線の折れ線との交点14が求められ、これら海岸線頂点を含むメッシュについては、メッシュ内の海岸線によって複数の領域に分けられた各多角形の三角形ポリゴンへの分解がなされる。また、海岸線頂点を含まないメッシュについても同様である。

【0099】(C-2-3) 海岸線標高差処理
ステップSP23に示す海岸線標高差処理は、第1の実施形態で説明したステップSP3の処理とほぼ同じである。すなわち、ステップSP3の場合と同様に、ステップSP31、SP32及びSP33の処理が順番に実行される。ただし、ステップSP3では、ステップSP3

3の判定結果に応じて、海岸線頂点に対して陸側標高値を使用するか否かを記録していたが、この処理では、近距離描画用の情報として記録する。

【0100】(C-2-4) 海岸線勾配処理

ステップSP24に示す海岸線勾配処理は、第2の実施形態で説明したステップSP13の場合と同様に、ステップSP13.1、SP13.2、SP13.3の処理が順番に実行される。ただし、ステップSP13では、ステップSP13.3の判定結果に応じて、海岸線頂点に対して陸側標高値を使用するか否かを記録していたが、この処理では、中距離描画用の情報として記録する。

【0101】(C-2-5) 視点視線入力処理

ステップSP25の視点視線入力処理では、操作者がマウス1やキーボード2を使って3次元地形表示させる視点の位置や視線の方向を指定する情報を入力する。ここで指定された視点位置や視線方向は、ワープステーション本体6のメモリ5に記憶される。

【0102】(C-2-6) 視点距離判別処理

ステップSP26の視点距離判別処理では、視点視線入力処理としてメモリ5に記憶されている視点位置を基に、ステップ22のポリゴン分割処理で得られている各ポリゴンを、視点からの距離に応じて近距離、中距離、遠距離に分類する。この際、視点位置と各ポリゴンとの距離は、ポリゴンを含むメッシュの中心点（標高値は海拔ゼロとする）と視点位置との3次元ユークリッド距離として算出する。

【0103】次に、予め決めておいた近距離、中距離、遠距離を分けるための距離値を使い分類する。この距離値には、近距離と中距離とを分ける定数Constant Near r、中距離と遠距離とを分ける定数Constant Farの2つがある。当然、 $0 < \text{Constant Near} < \text{Constant Far}$ の不等式が成立立つように定数は決めておく。

【0104】そして、各ポリゴンと視点位置との距離Distanceと上記定数とを比較し、Distance≤Constant Near rの場合にはそのポリゴンを近距離とし、Constant Near < Distance≤Constant Farの場合にはそのポリゴンを中距離とし、残りのConstant Far<Distanceの場合にはそのポリゴンを遠距離として分類する。

【0105】(C-2-7) 近距離描画処理

ステップSP27の近距離描画処理では、視点距離判別処理において近距離と分類されたポリゴンに対して、第1の実施形態のステップSP4と同様の描画処理を行う。すなわち、陸側標高値が基準値を超える部分には、断崖絶壁を描画する。ただし、陸側標高値を使うか使わないかの記録は、海岸線標高差処理（ステップSP23）で記録されている近距離描画用の情報を用いる。

【0106】(C-2-8) 中距離描画処理

ステップSP28の中距離描画処理では、視点距離判別処理において中距離と分類されたポリゴンに対して、第

2の実施形態のステップSP14と同様の描画処理を行なう。すなわち、海岸線陸部ポリゴンの勾配が基準値より大きいものについて、断崖絶壁を描画する。ただし、陸側標高値を使うか使わないかの記録は、海岸線勾配処理（ステップSP24）で記録されている中距離描画用の情報を用いる。

【0107】(C-2-9) 遠距離描画処理

ステップSP29の遠距離描画処理では、視点距離判別処理において遠距離と分類されたポリゴンに対して、従来から用いられている方法で描画処理を行う。すなわち、断崖絶壁を一切用いない方法で、陸と海をなだらかに繋ぐポリゴンを描画する。

【0108】なお、これらステップSP27、SP28及びSP29におけるポリゴンの描画では、ポリゴンの3つの頂点の3次元座標と色情報や光の反射係数、及び、テクスチャマッピングのパターンを使って隕面処理やシェーディング処理等を行う。これらの隕面処理やシェーディング処理等は、従来から的方法をそのまま適用するので説明は省略する。

【0109】ただし、海岸線頂点を頂点とする陸の表すポリゴンの場合、その頂点の標高値は海拔ゼロを使用する。なお、上述の描画処理では、ポリゴンは海を表す場合と陸を表す場合で使用する色情報や光の反射係数、及び、テクスチャマッピングのパターンをそれぞれに適したものを使用する。

【0110】(C-3) 第3の実施形態の効果

以上のように、第3の実施形態によれば、視点位置に対して近距離にある海岸線については細部まで断崖絶壁を正確に表示し、視点位置に対して中距離にある海岸線については断崖絶壁をやや減らして表示し、視点位置に対して遠距離にある海岸線については細かい地形の変化を認識できないので断崖絶壁を全くなくして表示する。

【0111】これにより、全海岸線について一律に断崖絶壁を描画する場合に比して、描画処理の短縮化を実現することができる。また、距離が遠くなるに従って断崖絶壁の表示を減らしても、距離が遠い景色は小さく見えるので遠い断崖絶壁は認識できなくなるので、十分現実に近い自然な海岸線を描画することができる。

【0112】すなわち、より現実に近い自然な3次元地形図を出力できる3次元地形出力装置及び3次元地形出力方法を得ることができる。

【0113】(D) 他の実施形態

(D-1) なお、上述の実施形態においては、本発明に係る3次元地形の描画処理をワープステーション等の情報処理装置でソフトウェア上の処理として実現する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、ハードウェア上の処理として実現するようにしても良い。

(D-2) また、上述の実施形態においては、本発明に係る3次元地形の描画処理を実現するソフトウェアの格納先については特に言及しなかったが、ワーク

ステーション内のメモリに格納し、実行されれば良い。なお、このソフトウェアは、CD-ROM等の光ディスク媒体や磁気ディスク媒体等に格納しておき、使用時に本体のメモリに読み込むようにしても良い。

【0115】(D-3) また、上述の実施形態においては、生成された3次元地形を画面上にのみ表示する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、印刷手段を用いて印刷する場合にも適用し得る。

【0116】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、海岸線を表す折れ線の各頂点それぞれについて陸側と海側との2つの標高値を決定し、当該2つの標高値を用いて陸側の地形と海側の地形を出力するようにしたことにより、従来に比して海岸線部分の段差、すなわち断崖部分をより自然に近い状態で表現できる3次元地形出力方法及び装置を実現できる。また、かかる機能を実現できるコンピュータプログラムを記憶した記録媒体を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る3次元地形出力方法の処理手順を示すフローチャートである。

【図2】グリッド点とその標高データの説明に供する説明図である。

* 【図3】ポリゴンを用いた3次元地形の出力概要図である。

【図4】実施形態に共通のハードウェア構成を示すプロック図である。

【図5】海岸線のポリゴン分割の例を説明する説明図である。

【図6】海岸線頂点の標高値の算出方法を説明する説明図である。

【図7】陸側標高値と海側標高値との標高差の説明に供する説明図である。

【図8】断崖絶壁を表すポリゴンの説明図である。

【図9】第2の実施形態に係る3次元地形出力方法の処理手順を示すフローチャートである。

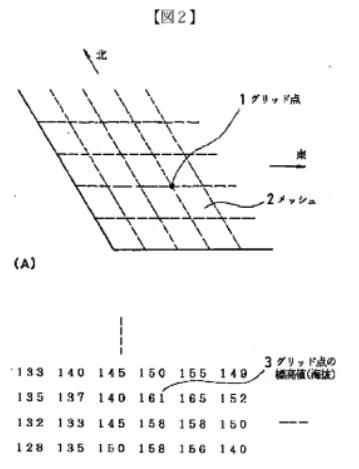
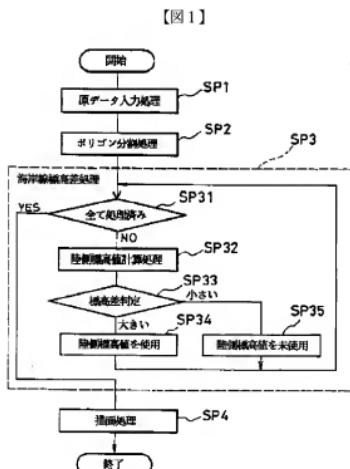
【図10】ポリゴンの勾配を説明する説明図である。

【図11】勾配と陸側標高値及び海側標高値との関係を示す説明図である。

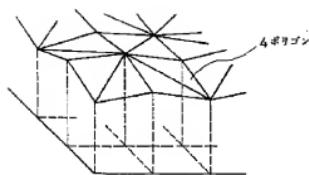
【図12】第3の実施形態に係る3次元地形出力方法の処理手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

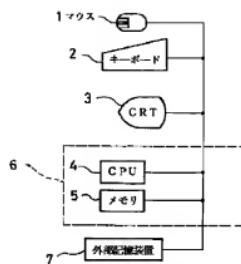
20 1…マウス、2…キーボード、3…CRT、4…CPU
U、5…メモリ、6…ワークステーション本体、7…外部記憶装置。



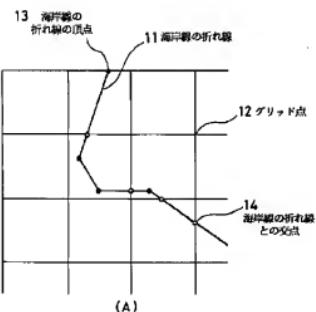
【図3】



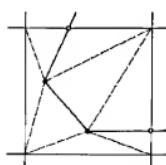
【図4】



【図5】

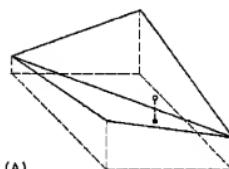


(A)

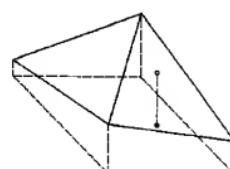


(B)

【図6】

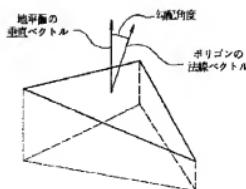


(A)

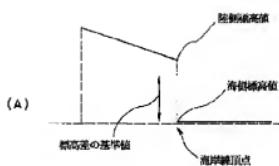


(B)

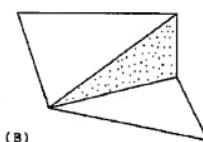
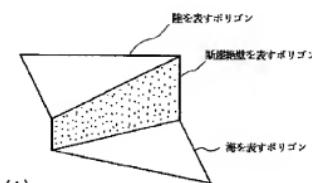
【図10】



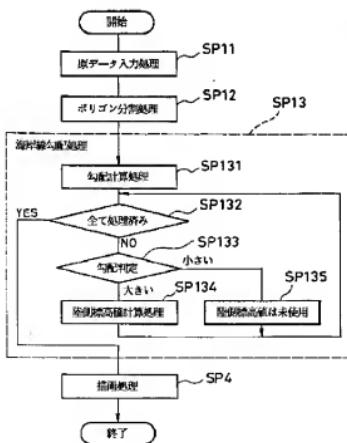
【図7】



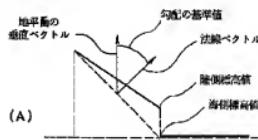
【図8】



【図9】



【図11】



【図12】

